

AUS DEM LEHRSTUHL  
FÜR AUGENHEILKUNDE  
PROF. DR. HORST HELBIG  
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

KOMPLIKATIONSRATE UND RISIKOFAKTOREN FÜR INTRAOPERATIVE  
KOMPLIKATIONEN BEI PHAKOEMULSIFIKATIONEN VON OPERATEUREN AM  
ANFANG IHRER AUSBILDUNG

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Andrea Briszi

2012



AUS DEM LEHRSTUHL  
FÜR AUGENHEILKUNDE  
PROF. DR. HORST HELBIG  
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

KOMPLIKATIONSRATE UND RISIKOFAKTOREN FÜR INTRAOPERATIVE  
KOMPLIKATIONEN BEI PHAKOEMULSIFIKATIONEN VON OPERATEUREN AM  
ANFANG IHRER AUSBILDUNG

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Andrea Briszi

2012

Dekan: Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert

1. Berichterstatter: PD Dr. Wolfgang Herrmann

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Christian Hafner

Tag der mündlichen Prüfung: 26. September 2012

## **Inhaltsverzeichnis**

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Abstract</b> .....                                  | 1  |
| <b>2. Zusammenfassung der Publikationspromotion</b> ..... | 2  |
| 2.1. Einleitung .....                                     | 2  |
| 2.1.1 Kataraktformen und ihre Ursachen .....              | 2  |
| 2.1.2 Techniken der Kataraktchirurgie .....               | 5  |
| 2.1.2.1 Intrakapsuläre Kataraktextraktion (ICCE) .....    | 5  |
| 2.1.2.2 Extrakapsuläre Kataraktextraktion (ECCE) .....    | 6  |
| 2.1.3 Ziel der Studie .....                               | 7  |
| 2.2 Material und Methoden .....                           | 7  |
| 2.3 Statistische Analyse .....                            | 11 |
| 2.4 Ergebnisse .....                                      | 11 |
| 2.5 Diskussion .....                                      | 14 |
| 2.6 Literaturverzeichnis .....                            | 17 |
| 2.7 Abkürzungsverzeichnis .....                           | 20 |
| <b>3. Publikation</b> .....                               | 21 |
| <b>4. Lebenslauf</b> .....                                | 28 |
| <b>5. Danksagung</b> .....                                | 29 |

## 1. Abstract

**Hintergrund:** In der vorliegenden Studie wurden die intraoperative Komplikationsrate und die Risikofaktoren, die mit Komplikationen assoziiert waren, bei Phakoemulsifikationen untersucht, die von Operateuren am Anfang ihrer operativen Ausbildung an einem tertiären Versorgungszentrum durchgeführt wurden. Hierbei wurden jeweils die ersten 100 Phakoemulsifikationen der jeweiligen Operateure analysiert.

**Methode:** Die Daten der ersten 100 Phakoemulsifikationen von sechs Operateuren in Ausbildung wurden retrospektiv ausgewertet. Alle Operationen wurden an der Augenklinik der Universität Regensburg im Zeitraum von August 2002 bis September 2009 durchgeführt. Als intraoperative Komplikationen wurden Hinterkapselruptur, Glaskörperverlust und Verlust von Linsenfragmenten in den Glaskörperraum betrachtet. Bestimmte Faktoren, die als Risikofaktoren für den chirurgischen Eingriff gelten, wurden erfasst und deren Korrelation mit dem Auftreten intraoperativer Komplikationen untersucht.

**Ergebnisse:** Komplikationen traten bei 23 der 600 Operationen (3,8%) auf. Hierbei kam es in 23 Fällen (3,8%) zu einer Hinterkapselruptur, die in 17 Fällen (2,8%) zu einem Glaskörperverlust und in 7 Fällen (1,2%) zu einem Verlust von Linsenfragmenten in den Glaskörperraum geführt hat. Bei Augen mit einem harten Kern ( $p=0,002$ ) und „weißer Katarakt“ ( $p=0,019$ ) war die Häufigkeit von Hinterkapselruptur und Glaskörperverlust signifikant erhöht ( $p=0,007$  bzw.  $p=0,027$ ). Eine Intraokularlinse wurde wie geplant in 591 Augen implantiert.

**Schlussfolgerung:** Operateure in Ausbildung können bei ihren ersten 100 Phakoemulsifikationen eine akzeptable Komplikationsrate erzielen.

## **2. Zusammenfassung der Publikationspromotion**

„Komplikationsrate und Risikofaktoren für intraoperative Komplikationen bei Phakoemulsifikationen von Operateuren am Anfang ihrer Ausbildung“

### **2.1. Einleitung**

#### **2.1.1 Kataraktformen und ihre Ursachen**

Die Katarakt ist weltweit die häufigste Ursache für eine Erblindung und die Kataraktoperation ist die am häufigsten durchgeführte Operation in der Medizin [1-3]. Unter einer Katarakt versteht man eine Trübung der Linse mit daraus resultierender Sehverschlechterung des Patienten. Die häufigsten Symptome von Patienten mit einer Katarakt sind Blendungsempfindlichkeit, verschwommenes Sehen, Schleiersehen, Farbabschwächung, Sehstörungen beim Lesen und monokulare Doppelbilder. Oft können Patienten durch eine myopisierende Kernkatarakt nach langer Zeit wieder ohne Brille lesen.

Nach ihrem Reifegrad kann die Katarakt in folgende Gruppen eingeteilt werden: Cataracta incipiens, Cataracta protracta, Cataracta praematura, Cataracta matura, Cataracta intumescens und Cataracta hypermatura.

Nach der Lokalisation der Trübung unterscheidet man die Cataracta corticalis (Rindenstar), die Cataracta subcapsularis posterior (hintere Schalentrübung), die Cataracta nuclearis (Kernstar), die Cataracta zonularis (Schichtstar) und die Cataracta coronaria (Kranzstar) [1].

In Tabelle 1 sind die möglichen Ursachen einer Kataraktentwicklung dargestellt.

Die Cataracta senilis (Altersstar) stellt die häufigste Form aller Katarakte dar (über 90%).

Für die Transparenz der Linse sind die Aufrechterhaltung der strukturellen Unversehrtheit der Linsenfasern und der Gehalt der Linse an Kristallinen wichtig. Jegliche Störung ihrer Homöostase kann zu einer Abnahme ihrer Transparenz führen. Mit zunehmendem Alter verdickt sich die Linsenkapsel, die wasserlöslichen Proteine (Kristalline) nehmen ab, wohingegen die wasserunlöslichen Proteinaggregate zunehmen. Der Wassergehalt der Linse, der für ihre Elastizität wichtig ist, nimmt ab und somit auch die Akkomodationsfähigkeit. Entsprechend nimmt die Elektrolytkonzentration in der Linse zu, am stärksten die  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration, gefolgt von der  $\text{Na}^{+}$ -Konzentration. Die  $\text{K}^{+}$ -Konzentration bleibt etwa gleich, bzw. kann ebenfalls leicht zunehmen.

Störungen der Redoxsysteme der Linse, die durch eine mit zunehmendem Alter abnehmende Konzentration an Glutathion und eine Abnahme der Enzymaktivitäten von Superoxid-Dismutase, Katalase, Glutathion-Reduktase und Glutathion-Peroxidase verursacht werden, können für zwei wichtige Mechanismen der Kataraktentstehung verantwortlich gemacht werden. Dies sind einerseits die Entstehung hochmolekularer unlöslicher Proteinaggregate, andererseits die durch Oxidation von Zellmembranlipiden verursachte Störungen des Elektrolyt- und Wasserhaushaltes und die Schädigung membrangebundener Transportsysteme [1, 4, 5-7].



Tabelle 1: Ursachen der Katarakt [8, 9]

|                                                                |                                                     |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Altersbedingt                                                  | Cataracta senilis (über 90% aller Katarakte)        |
| Systemerkrankungen                                             | Diabetes mellitus (am häufigsten)                   |
|                                                                | Galaktosämie                                        |
|                                                                | Niereninsuffizienz                                  |
|                                                                | Mannosidose                                         |
|                                                                | Morbus Fabry                                        |
|                                                                | Lowe-Syndrom                                        |
|                                                                | Morbus Wilson                                       |
|                                                                | Myotone Dystrophie                                  |
|                                                                | Tetanie                                             |
|                                                                | Stickler-Syndrom                                    |
|                                                                | Alport-Syndrom                                      |
| Augenerkrankungen                                              | Heterochromiekatarakt                               |
|                                                                | Chronische Iridozyklitis                            |
|                                                                | Retinale Vaskulitis                                 |
|                                                                | Retinopathia pigmentosa                             |
| Hauterkrankungen                                               | Atopische Dermatitis                                |
|                                                                | Ichthyose                                           |
|                                                                | Werner-Syndrom                                      |
| Endokrine Erkrankungen                                         | Hypothyreose                                        |
|                                                                | Hypoglykämie                                        |
| Erkrankungen des Zentralnervensystems                          | Neurofibromatose Typ 2                              |
|                                                                | Norrie-Syndrom                                      |
| Intraokulare Eingriffe                                         | Am häufigsten nach Vitrektomie und Glaskörperersatz |
|                                                                | nach filtrierenden Eingriffen                       |
| Verletzungen (Cataracta traumatica)                            | Kontusions- und Perforationsrosette                 |
|                                                                | Infrarotstar                                        |
|                                                                | Blitzstar                                           |
|                                                                | Strahlenstar                                        |
| Toxische Katarakt                                              | Kortisonkatarakt (am häufigsten)                    |
|                                                                | selten bei: Chlorpromazin, Miotika, Busulphan       |
| vererbte kongenitale Katarakt                                  | autosomal dominant                                  |
|                                                                | Rezessiv                                            |
|                                                                | Sporadisch                                          |
|                                                                | X-gebunden                                          |
| Katarakt infolge frühembryonaler (transplazentarer) Schädigung | Röteln (40-60 %)                                    |
|                                                                | Mumps (10-22 %)                                     |
|                                                                | Hepatitis (16%)                                     |
|                                                                | Toxoplasmose (5%)                                   |

## **2.1.2 Techniken der Kataraktchirurgie**

Ziel der Kataraktoperation ist die Entfernung des getrübten Linsenmaterials und die optische Rehabilitation des Patienten, die früher mit einer Starbrille, später mit Kontaktlinsen bzw. der Implantation einer Intraokularlinse erfolgt ist.

Bis ins 19. Jahrhundert wurde die trübe Linse nicht aus dem Auge entfernt, sondern mit einer Nadel in den Glaskörperraum luxiert („Starstich“, Linsenreklation) und dort belassen, was zu schweren Entzündungen im Augeninneren führen konnte. Erst nach Verlassen dieser Methode ging man dazu über, die Linse aus dem Auge zu entfernen. Es gibt unterschiedliche Verfahren der Kataraktoperation [1, 8].

### **2.1.2.1 Intrakapsuläre Kataraktextraktion (ICCE)**

Dieses Verfahren wurde hauptsächlich bis Ende der 1970er Jahre verwendet, als man keine Intraokularlinse implantiert hat, sondern die Patienten aphak belassen und postoperativ mit einer Starbrille bzw. Kontaktlinsen versorgt wurden. Die Starbrille hatte dabei neben dem kosmetischen Aspekt weitere Nachteile wie z.B. eine starke prismatische Verzerrung und eine periphere Gesichtsfeldeinengung (Brillenskotom) [1, 3, 8]. Heute wird dieses Verfahren meist nur noch bei subluxierten oder luxierten Linsen verwendet, wenn der Aufhängeapparat der Linse geschädigt ist. Hierbei wird die Linse im Ganzen, d.h. mit ihrer Kapsel entfernt. Hierzu wird über 170° ein kornealer oder korneoskleraler Schnitt gesetzt und die Linse mit einer Kryosonde angefroren und aus dem Auge herausgezogen (Kryoextraktion) oder mittels Starschlinge extrahiert. Der Schnitt wird anschließend mittels Einzelknopfnähte oder fortlaufender Naht verschlossen. Bei Implantation einer Intraokularlinse wird diese entweder in die Vorderkammer implantiert oder als sklerafixierte Hinterkammerlinse in die Hinterkammer eingesetzt. Vorteile dieses Verfahrens sind die fehlende Nachstarentwicklung sowie der im Vergleich zu den anderen Verfahren deutlich kleinere operationstechnische Aufwand und die kostengünstigere Ausrüstung. Aus diesem Grund wird die ICCE in den Entwicklungsländern noch häufig angewandt.

Das Verfahren bringt jedoch auch Nachteile mit sich. Da die Linse komplett entfernt wird entsteht eine Verbindung zwischen Vorderkammer und Glaskörperraum. Die Rate an Glaskörperprolaps mit der Notwendigkeit einer vorderen Vitrektomie als auch die Häufigkeit

von Netzhautablösung, Hornhautdekomensation und postoperativem zystoidem Makulaödem ist erhöht.

Auch die Rehabilitationszeit ist aufgrund des höheren nahtbedingten postoperativen Astigmatismus länger [1, 3, 8, 10].

### **2.1.2.2 Extrakapsuläre Kataraktextraktion (ECCE)**

Seit den 1980er Jahren, seitdem bei der Kataraktoperation vermehrt eine Intraokularlinse implantiert wurde, wurde die ICCE durch die ECCE abgelöst. Hierbei wird die Vorderkapsel der Linse mittels einer Kapsulorrhexis eröffnet und der Linsenkern sowie die Linsenrinde entfernt. Die Hinterkapsel bleibt dabei erhalten. Eine Intraokularlinse kann in den Kapselsack implantiert werden. Es gibt zwei Möglichkeiten der Linsenkernentfernung [1, 3, 8, 11]:

#### **- Expression des Kerns:**

Hierbei wird eine große Limbusinzision (8-10 mm) angelegt und die Vorderkapsel mittels Kapsulorrhexis eröffnet. Der Linsenkern wird ohne Zerkleinerung exprimiert. Anschließend wird die Rinde abgesaugt und eine Hinterkammerlinse implantiert. Angewandt wird diese Methode bei sehr harten Kernen, bei deren Zerkleinerung mittels Phakoemulsifikation viel Ultraschallenergie erforderlich wäre. Dadurch käme es zu einer Schädigung des Hornhautendothels. Der Zugang wird zum Schluss mit Nähten verschlossen. Zu den Vorteilen dieses Verfahrens zählt der geringere technische Aufwand, aber auch die Erhaltung der Linsenkapsel und der Zonulafasern. Auch das Risiko für einen Glaskörperprolaps sowie für eine Netzhautablösung ist bei dieser Methode kleiner als bei der ICCE.

Zu den Nachteilen dieses Verfahrens gehören die größere Inzision und der daraus resultierende postoperativ höhere Astigmatismus sowie die längere Rehabilitationszeit [1, 3, 8, 11].

#### **- Phakoemulsifikation:**

Hier wird als erstes ein selbstabdichtender Tunnelschnitt angelegt („Clear-cornea-Inzision“, limbokorneale Inzision, sklerokorneale Inzision oder Skleratunnel), der ca. 3 mm breit ist und sich am Ende der Operation ohne Naht verschließt. Weiterhin werden 2 Parazentesen als zusätzliche Zugänge für weitere Instrumente angelegt. Die erste Parazentese wird bei der

„Divide-and-conquer-Technik“ ca. 80-90° zu der Hauptinzision gesetzt und beide Parazentesen befinden sich in einem Abstand von ca. 180° voneinander. Anschließend wird die vordere Linsenkapsel über eine Kapsulorrhexis eröffnet. Mittels Hydrodissektion wird einerseits die Rinde vollständig von der Linsenkapsel getrennt, außerdem erfolgt auch die Trennung des Linsenkortex vom Linsenkern. Anschließend wird der Kern durch Phakoemulsifikation durch Ultraschallenergie zerkleinert und der Kortex über Irrigation und Aspiration entfernt. Anschließend werden Kapselsack und Vorderkammer mit Viskoelastikum gefüllt und eine Linse in den Kapselsack implantiert. Zum Schluss wird das Viskoelastikum entfernt. Beim Wundverschluss ohne Naht erfolgt eine Hydrierung der Parazentesen und der Hauptinzision. Ein Vorteil dieser Methode ist der bessere postoperative Visus, der unter anderem damit zusammenhängt, dass aufgrund der kleineren Inzision und einer fehlenden Naht der postoperative Astigmatismus kleiner und stabiler ist [5, 9, 11,12].

### **2.1.3 Ziel der Studie**

Zielsetzung dieser Studie war es die intraoperative Komplikationsrate bei Phakoemulsifikationen zu untersuchen, die Ärzte am Anfang ihrer operativen Ausbildung durchgeführt haben und die Ergebnisse mit den Ergebnissen der Kataraktchirurgie in der Literatur zu vergleichen. Betrachtet wurden auch unterschiedliche Risikofaktoren und es wurde untersucht, welche dieser Risikofaktoren mit einer erhöhten intraoperativen Komplikationsrate einhergegangen sind.

## **2.2 Material und Methoden**

Im Rahmen einer retrospektiven Studie wurden die ersten 100 Phakoemulsifikationen von 6 verschiedenen Operateuren am Anfang ihrer operativen Ausbildung ausgewertet, die zwischen August 2002 und September 2009 an der Universitätsaugenklinik Regensburg durchgeführt wurden. Zur Auswertung wurden die medizinischen Daten der jeweiligen Patienten sowie die Operationsberichte herangezogen. Die Operationsberichte enthielten Alter und Geschlecht des Patienten, Name des Operateurs, Art der Anästhesie, rechtes oder linkes

Auge, Art des chirurgischen Eingriffs, ophthalmologische Begleiterkrankungen, intraoperative Komplikationen und Art der Linsenimplantation.

Alle erfassten Operateure waren im 4. bis 5. Weiterbildungsjahr als sie mit der Phakoemulsifikation angefangen haben und hatten zuvor weder Erfahrung mit ICCE noch mit ECCE. Zum Erlernen der einzelnen Operationsschritte haben die Operateure 1, 3, 5 und 6 an einem eintägigen Wetlab für Phakoemulsifikation teilgenommen, Operateure 2 und 4 haben zwei eintägige Wetlabs absolviert. Weiterhin hatten alle Operateure, bevor sie ihre erste Phakoemulsifikation eigenständig durchgeführt haben, die einzelnen Schritte der Operation unter Aufsicht eines erfahrenen Operateurs durchgeführt. Bei den ersten 100 Eingriffen der Operateure wurden die ersten 12 bis 18 Operationen immer unter der Aufsicht eines erfahrenen Operateurs durchgeführt. Danach war ein erfahrener Operateur nur noch in ausgewählten Fällen mit bekannten Risikofaktoren anwesend (insgesamt bei 157 Operationen). Bei allen anderen Eingriffen war er lediglich in der Nähe und konnte bei eventuell auftretenden Komplikationen hinzugezogen werden.

Jeder Operateur in Ausbildung verwendete die gleiche Operationstechnik. Nach limbokornealer Inzision wurde eine runde, kontinuierliche Kapsulorrhexis durchgeführt. Nach Hydrodissektion wurde der Nukleus mittels „Divide-and-conquer-Technik“ entfernt und der Linsenkortex durch koaxiale oder biaxiale Irrigation und Aspiration abgesaugt. Anschließend wurde eine faltbare Acryllinse in den Kapselsack implantiert. Wenn dies aufgrund eines Kapseldefektes nicht möglich war, wurde eine IOL-Implantation in den Sulcus vorgenommen. Patienten mit hoher Myopie, bei denen die Zielrefraktion ohne Linse erreicht wurde, wurden aphak belassen. Operateure 1 bis 4 verwendeten ein Gerät vom Typ Storz Premiere (Firma Bausch & Lomb, Feldkirchen, Deutschland) mit koaxialer Irrigation und Aspiration, während die Operateure 5 und 6 eine biaxiale Irrigation und Aspiration unter Verwendung eines Gerätes vom Typ Alcon Accurus (Firma Alcon, Freiburg, Deutschland) durchgeführt haben.

Bei der Auswahl der Patienten für die ersten 100 Eingriffe wurde darauf geachtet, dass bei den Patienten während den ersten 12 bis 16 Operationen nach Möglichkeit keine Risikofaktoren vorlagen. Außerdem wurden bevorzugt Operationen gewählt, die in Intubationsnarkose (ITN) durchgeführt wurden, weil diese Anästhesieform für unerfahrene Operateure mehrere Vorteile bietet. Die Kommunikation zwischen dem Operateur in Ausbildung und dem ausbildenden Chirurgen wird erleichtert und die Operateure können sich während der Operation mehr Zeit lassen. Operateure am Anfang ihrer Ausbildung brauchen in der Regel für die Durchführung der einzelnen Schritte länger. Dies ist in ITN

unproblematischer als in Lokalanästhesie, bei der die Patienten mit zunehmender Operationsdauer häufig unruhiger werden. Die Entscheidung, ob eine Operation in ITN oder in Lokalanästhesie durchgeführt wurde, wurde ausschließlich anhand des Gesundheitszustandes der Patienten getroffen. Von den 600 in die Auswertung aufgenommenen Operationen wurden 282 (47,0%) in ITN, 315 (52,5%) in Retrobulbäranästhesie und 3 (0,5%) in Tropfanästhesie durchgeführt.

Unterschiedliche Faktoren wurden als Risikofaktoren definiert (Tabelle 2) und es wurde untersucht, ob einzelne Risikofaktoren zu einer höheren Komplikationsrate führen bzw. welche Komplikationen durch sie häufiger auftreten (Tabelle 2 und 3). Als „kleine Pupille“ wurde eine maximale Pupillendilatation  $< 6,0$  mm nach Instillation von Phenylephrin 2,5% entsprechend der Definition von Rutar T. et al (2009) [13] bezeichnet. „Weiße Katarakt“ definierte eine vollständige Linsentrübung mit eingeschränktem Funduseinblick und fehlender Retroillumination. Die Klassifizierung „harter Kern“ beinhaltete eine 4+ Kernsklerose nach LOCS III-Klassifikation [14] sowie Katarakte, die laut Patientenakte einen harten Kern aufwiesen. Eine Vorderkammertiefe  $< 2,5$  mm gemessen in der Biometrie wurde entsprechend der Definition von Rutar T. et al (2009) [13] als „flache Vorderkammer“ in die Auswertung aufgenommen. Hohe Myopie bezeichnete eine Achsenlänge  $> 26,0$  mm gemessen in der Biometrie. Patienten wurden als „unruhiger Patient“ erfasst, wenn im Operationsbericht eine Unruhe des Patienten während der Operation beschrieben war. Bei 224/600 Augen (37,3%) in unserer Studie wurde mindestens ein Risikofaktor nachgewiesen. Als intraoperative Komplikationen wurden Hinterkapselruptur, Glaskörperverlust und Verlust von Linsenkern oder Linsenfragmenten in den Glaskörperraum erfasst.

Tabelle 2: Risikofaktoren und deren Korrelation mit intraoperativen Komplikationen auf Grundlage univariater Analyse

| Risikofaktoren                      | Anzahl der Fälle | Anzahl der Fälle mit Komplikationen | p-Wert | OR  | 95% CI     |
|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------|-----|------------|
| Weißer Katarakt                     | 43               | 5                                   | 0,019  | 3,9 | 1,4 – 11,2 |
| Harter Kern                         | 67               | 8                                   | 0,002  | 4,7 | 1,9 – 11,5 |
| Kleine Pupille (< 6,0 mm)           | 73               | 4                                   | 0,509  | 1,6 | 0,5 – 4,7  |
| Vorderkammertiefe < 2,5 mm          | 23               | 1                                   | 0,600  | 1,1 | 0,1 – 8,9  |
| Hohe Myopie (Achsenlänge > 26,0 mm) | 26               | 1                                   | 1,000  | 1,0 | 0,1 – 7,7  |
| Pseudoexfoliationssyndrom           | 30               | 2                                   | 0,321  | 1,9 | 0,4 – 8,4  |
| Hintere Synechien                   | 18               | 1                                   | 0,510  | 1,5 | 0,2 – 11,8 |
| Unruhiger Patient                   | 17               | 2                                   | 0,135  | 3,6 | 0,8 – 16,6 |
| Floppy-iris-Syndrom                 | 1                | 0                                   | 1,000  | -   | -          |
| Zonulainsuffizienz                  | 15               | 0                                   | 1,000  | -   | -          |
| Hornhautpathologie                  | 5                | 0                                   | 1,000  | -   | -          |
| Zustand nach Trauma                 | 7                | 0                                   | 1,000  | -   | -          |
| Voroperiertes Auge                  | 35               | 0                                   | 0,389  | -   | -          |
| Traumatische Katarakt               | 6                | 0                                   | 1,000  | -   | -          |

Tabelle 3: Univariate Analyse von Risikofaktoren und intraoperativen Komplikationen

| Komplikationen<br>Risikofaktoren    | Hinterkapsel-<br>ruptur |        | Glaskörper-<br>verlust |        | Verlust von<br>Linsenfragmenten in<br>den Glaskörperraum |        |
|-------------------------------------|-------------------------|--------|------------------------|--------|----------------------------------------------------------|--------|
|                                     | n                       | p-Wert | n                      | p-Wert | n                                                        | p-Wert |
| Weißer Katarakt                     | 5                       | 0,019  | 4                      | 0,027  | 2                                                        | 0,084  |
| Harter Kern                         | 8                       | 0,002  | 6                      | 0,007  | 2                                                        | 0,179  |
| Kleine Pupille (< 6,0 mm)           | 4                       | 0,509  | 2                      | 1,000  | 1                                                        | 0,599  |
| Vorderkammertiefe < 2,5 mm          | 1                       | 0,600  | 1                      | 0,490  | 0                                                        | 1,000  |
| Hohe Myopie (Achsenlänge > 26,0 mm) | 1                       | 1,000  | 1                      | 0,534  | 0                                                        | 1,000  |
| Pseudoexfoliationssyndrom           | 2                       | 0,321  | 1                      | 0,587  | 1                                                        | 0,303  |
| Hintere Synechie                    | 1                       | 0,510  | 1                      | 0,408  | 1                                                        | 0,193  |
| Unruhiger Patient                   | 2                       | 0,135  | 1                      | 0,391  | 1                                                        | 0,183  |

## 2.3 Statistische Analyse

Die Daten wurden in einer SPSS-Tabelle erfasst und mit Hilfe der SPSS-Software Version 14,0 analysiert. Die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen potentiellen Risikofaktoren und intraoperativen Komplikationen wurden mit univariater und multivariater Analyse ermittelt. Für die univariate Analyse wurde eine 2x2 Kreuztabelle verwendet. Bei einer erwarteten Häufigkeit von weniger als 5 wurde der exakte Test nach Fisher durchgeführt. In allen anderen Fällen wurde der Chi-Quadrat-Test nach Pearson angewendet. Das Signifikanzniveau wurde auf 0,05 festgelegt. Für die multivariate Analyse wurde ein binär logistisches Regressionsmodell mit der „Einschluss-Methode“ verwendet, um Risikofaktoren und ihre Odds-Ratio für die verschiedenen Komplikationen zu ermitteln. Potentielle Risikofaktoren im multivariaten Modell waren „weiße Katarakt“, harter Kern, Pseudoexfoliationssyndrom, kleine Pupille, hohe Myopie, flache Vorderkammer, hintere Synechien und unruhiger Patient.

## 2.4 Ergebnisse

Bei den 600 Phakoemulsifikationen, die in unserer Studie aufgenommen wurden, verliefen 577 (96,2%) komplikationslos und bei 23 (3,8%) traten intraoperative Komplikationen auf. In 23 Augen (3,8%) kam es zu einer Hinterkapselruptur, die in 6/23 Fällen ohne Glaskörperverlust blieb. Bei 10/23 Fällen führte die Hinterkapselruptur zu einem Glaskörperprolaps, der eine vordere Vitrektomie erforderlich machte und in 7/23 Fällen kam es zu einem Kernverlust oder Verlust von Linsenfragmenten in den Glaskörperraum, weshalb eine Pars-plana-Vitrektomie durchgeführt werden musste.

In 591 Augen wurde wie geplant eine Hinterkammerlinse implantiert und 9 Augen wurden aufgrund einer hohen Myopie aphak belassen. 558/591 (94,4%) Augen erhielten eine kapselsackfixierte Linse und 33/591 Augen (5,6%) wurden mit einer sulcusfixierten IOL versorgt. Es gab unterschiedliche Gründe dafür, warum in einigen Augen die IOL in den Sulcus implantiert wurde: Hinterkapselruptur (21 Augen), Vorderkapselruptur (9 Augen), Zonulainsuffizienz mit Pseudoexfoliationssyndrom (2 Augen) und Subluxation der IOL nach Implantation in den Kapselsack (1 Auge).

Bei 69/600 Eingriffen (11,5%) wurde ein erfahrener Operateur hinzugezogen, wobei ein oder mehrere Schritte der Operation von diesem übernommen wurden. Die Gründe, weshalb eine



Intervention eines erfahrenen Chirurgen notwendig war, waren Schwierigkeiten bei der Kapsulorrhexis (19 Augen), bei der Entfernung des Kerns (22 Augen), bei der Entfernung des Linsenkortex (3 Augen) und bei der IOL-Implantation (2 Augen). In zwei Fällen mit Retrobulbäranästhesie waren die Patienten während der Operation so unruhig, dass diese Operationen von einem erfahrenen Operateur übernommen wurden. In zwei weiteren Fällen hatten die Patienten eine sehr kleine Pupille, weshalb das Einsetzen von Irishäckerchen von einem erfahrenen Operateur übernommen werden musste, die weitere Operation jedoch wurde von dem Operateur in Ausbildung selbst durchgeführt. 19 der 23 Fälle mit Hinterkapselruptur wurden von einem erfahrenen Operateur übernommen. Bei 42 (60,9%) der übernommenen Operationen hatten die Patienten einen oder mehrere Risikofaktoren. Von den 69 übernommenen Operationen wurden 51,0% während den ersten 15 Eingriffen übernommen. Von den Fällen 71-100 bedurften nur 4 Eingriffe der Intervention eines erfahrenen Chirurgen. Die erste Operation, die von den Operateuren in Ausbildung alleine ohne Intervention eines erfahrenen Chirurgen durchgeführt wurde und komplikationslos verlief, trat zwischen Fall 1 (Operateur 5) und Fall 8 (Operateur 4) auf. Die erste Serie von 5 Operationen ohne Komplikationen und ohne Intervention begann mit Fallnummer 6, 17, 10, 15, 16 und 2. Die Lernkurven der Operateure in Ausbildung waren unterschiedlich. Die Komplikationsrate lag zwischen 1,0% (Operateur 6) und 7,0% (Operateure 1 und 5).

Bei der univariaten Analyse zeigte sich, dass Patienten mit den Risikofaktoren „weiße Katarakt“ und „harter Kern“ eine signifikant höhere intraoperative Komplikationsrate mit häufigerem Auftreten von Hinterkapselrupturen und Glaskörperverlust (Tabelle 2 und 3) aufwiesen.

Die Odds-Ratio für eine Hinterkapselruptur bei Patienten mit „weißer Katarakt“ war 3,9 (95% CI, 1,4-11,2,  $p = 0,019$ ) und bei Patienten mit hartem Kern 4,7 (95% CI, 1,9-11,5,  $p = 0,002$ ). Die Odds-Ratio für einen Glaskörperverlust bei Augen mit „weißer Katarakt“ war 4,3 (95% CI, 1,3-13,8,  $p = 0,027$ ) und bei Augen mit einem harten Kern 4,7 (95% CI, 1,7-13,1,  $p = 0,007$ ). In der multivariaten Analyse konnte lediglich für harte Kerne ein signifikanter Zusammenhang mit intraoperativen Komplikationen nachgewiesen werden, insbesondere für Hinterkapselrupturen. Bei Augen mit einem harten Kern war die Odds-Ratio für intraoperative Komplikationen 3,2 (95% CI, 1,1-9,4,  $p = 0,031$ ). Die Komplikationsrate bei Eingriffen, die als unkompliziert eingestuft wurden, betrug 2,7%.

Die Operateure 1 bis 4 verwendeten bei ihren Operationen ein Gerät der Marke Storz Premiere aus dem Jahr 1994 mit koaxialer Irrigation und Aspiration und die Operateure 5 und 6 ein Gerät der Marke Alcon Accurus aus dem Jahr 2008 mit biaxialer Irrigation und

Aspiration. Beim Einsatz von koaxialer Irrigation und Aspiration kam es in 4/400 Fällen zu Komplikationen, während bei der biaxialen Irrigation und Aspiration keine Komplikationen auftraten (0/200). Insgesamt kam es beim Einsatz des Gerätes vom Typ Storz Premiere in 16 Fällen (4,0%) zu intraoperativen Komplikationen und in 7 Fällen (3,5%) beim Einsatz des Gerätes vom Typ Alcon Accurus, jedoch war der Unterschied statistisch nicht signifikant ( $p=0,764$ ).

Um die Auswirkung des Erfahrungsgrades der Operateure auf die Komplikationsrate zu untersuchen wurden die ersten 50 Operationen von jedem Operateur in Ausbildung mit den Fällen 51-100 verglichen. Hier zeigte sich eine Abnahme der intraoperativen Komplikationsrate mit zunehmendem Erfahrungsgrad, jedoch blieb diese Abnahme ohne statistische Signifikanz ( $p=0,524$ ). Zwei Risikofaktoren haben in den Fällen 51-100 zu weniger Komplikationen geführt als in den Fällen 1-50. Die Komplikationsrate bei Augen mit hartem Kern sank von 16,3% auf 4,2% und bei Augen mit „kleiner Pupille“ von 8,8% auf 2,6%. Eine statistische Signifikanz konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Eine deutliche Abnahme der intraoperativen Komplikationen konnte nach den ersten 70 Fällen eines jeden Operateurs beobachtet werden. In den Fällen 71-100 traten bei allen Operateuren zusammen insgesamt 2 Operationen mit Komplikationen auf und lediglich 4 mussten von einem erfahrenen Operateur übernommen werden.

Bei den in der Studie erfassten Phakoemulsifikationen kamen zwei Anästhesieformen zum Einsatz. In 318 Fällen (53,0%) Lokalanästhesie mit Retrobulbäranästhesie in 315 Augen (52,5%) und Tropfanästhesie in 3 Augen (0,5%) und in 282 Fällen (47,0%) ITN. 135/282 Augen (47,9%), die in ITN operiert wurden, wiesen einen oder mehrere Risikofaktoren auf, während von den Augen in Lokalanästhesie 89/138 (28,0%) Risikofaktoren zeigten. Alle 3 in Tropfanästhesie durchgeführten Operationen wurden als unkompliziert eingestuft, weil bei diesen Patienten keine Risikofaktoren vorlagen. Die intraoperative Komplikationsrate differierte zwischen den unterschiedlichen Anästhesieformen. In Lokalanästhesie traten bei 6/318 Patienten (1,9%) Komplikationen auf, mit Hinterkapselruptur mit Glaskörperverlust in 6 Fällen und Verlust von Linsenfragmenten in den Glaskörperraum in zwei Fällen (0,6%). Bei Augen, die in ITN operiert wurden, zeigte sich eine Hinterkapselruptur in 17 Fällen (6,0%), davon in 11 Fällen (3,9%) mit Glaskörperverlust und in 5 Fällen (1,8%) mit Verlust von Linsenfragmenten in den Glaskörperraum. Dieser Unterschied der Komplikationsrate war statistisch signifikant ( $p=0,008$ ).

## 2.5 Diskussion

Die Kataraktoperation mittels Phakoemulsifikation ist der am häufigsten durchgeführte Eingriff in den Vereinigten Staaten und in Europa. Die stetige Weiterentwicklung der chirurgischen Technik und der Instrumente hat über die Jahre zu einem Rückgang der Komplikationen geführt [3, 13, 15, 16]. In der vorliegenden Studie wurden jeweils die ersten 100 Phakoemulsifikationen von 6 Ärzten am Anfang ihrer operativen Ausbildung untersucht und die Rate der intraoperativen Komplikationen erfasst. Keiner der 6 Operateure verfügte über operative Erfahrung mit ECCE oder ICCE. Alle Operateure durchliefen ihre operative Ausbildung an einem tertiären Lehrkrankenhaus, was sowohl für sie, als auch für die Klinik selbst eine Herausforderung darstellte. Tertiären Versorgungszentren werden in der Regel eher kompliziertere Fälle zugewiesen, während die meisten unkomplizierten Kataraktoperationen in Privatpraxen durchgeführt werden. Aus dieser Tatsache resultiert unter anderem, dass im Gegensatz zu vergleichbaren Studien, bei denen schwierige Fälle mit Risikofaktoren wie Zonulainsuffizienz, fortgeschrittener Kernsklerose, Hornhauttrübungen, „kleine Pupille“ oder traumatische Katarakt ausgeschlossen wurden [17-20], in dieser Studie alle Katarakttypen und potentielle Risikofaktoren (Tabelle 2) aufgenommen wurden. Dies könnte durchaus förderlich für den Lernprozess sein, da die intraoperative Komplikationsrate maßgeblich vom Erfahrungsgrad und den operativen Fertigkeiten des Chirurgen abhängt und somit eine zu vorsichtige Patientenselektion eher hinderlich für den Lernprozess ist.

Als wichtigste Komplikation wurde besonderes Augenmerk auf die Hinterkapselruptur gerichtet, weil sie, besonders wenn sie mit einem Glaskörperverlust einhergeht, zu einem reduzierten postoperativen Visus und einer höheren Rate an zystoidem Maculaödem und an Netzhautablösung führt [16, 21-23] und somit großen Einfluss auf den postoperativen Visus haben kann. Eine Hinterkapselruptur trat bei 3,8% der Eingriffe auf. Dies ist vergleichbar bzw. etwas niedriger als in anderen Studien, in denen bezüglich der Hinterkapselruptur über eine Rate zwischen 4,9% und 10,0% berichtet wurde [17, 20, 24-28]. Auch die Rate an Glaskörperverlust von 2,8% war ähnlich bzw. etwas niedriger als in anderen publizierten Studien [17-20, 24-34].

Die im Vergleich zu anderen Studien niedrigere Komplikationsrate in dieser Untersuchung kann vielfältige Ursachen haben. Einerseits ist die Phakoemulsifikation durch die Weiterentwicklung von Phakomaschinen und Operationsmikroskopen in den letzten Jahren sicherer geworden, wodurch die Zahl der intraoperativ auftretenden Komplikationen deutlich zurückgegangen ist. Weiterhin wurden in unserer Studie bei 69 Eingriffen (11,5%) ein oder

mehrere Operationsschritte von einem erfahrenen Operateur übernommen, wodurch möglicherweise weitere Komplikationen verhindert wurden. Berücksichtigt werden sollte auch, dass in anderen Studien die meisten Operationen in Lokalanästhesie durchgeführt wurden [18-20, 24, 30], während in unserer Studie ein großer Anteil der Operationen (47,0%) in ITN erfolgt ist. ITN bietet für den Ablauf der Operation mehrere Vorteile. Operateure am Anfang ihrer Ausbildung brauchen für den Eingriff länger, was bei Operationen in Lokalanästhesie dazu führen kann, dass mit zunehmender Operationsdauer die Patienten unruhiger werden und sich dadurch die Operationsbedingungen deutlich erschweren können. Weiterhin ist eine bessere Kommunikation zwischen dem Arzt und dem ausbildenden Chirurgen in ITN möglich, wodurch ebenfalls eine Optimierung des Operationsablaufs erreicht werden kann. Die Komplikationsrate variierte zwischen den einzelnen Operateuren von 1,0% bis 7,0%, wobei der Operateur mit der niedrigsten Komplikationsrate, im Gegensatz zu den anderen 5 Operateuren, bereits über Erfahrung mit mehr als 100 Trabekulektomien verfügte, als er mit der Kataraktchirurgie anfang.

Vielfach ist in der Literatur von Risikofaktoren berichtet worden, die zu einer Zunahme der Komplikationen führen können, wie fortgeschrittenes Alter, männliches Geschlecht, hohe Myopie, Floppy-Iris-Syndrom, traumatische Katarakt und Zonulainsuffizienz [13, 16, 22]. Für diese Risikofaktoren konnte in unserer Studie kein signifikanter Anstieg der Komplikationsrate gefunden werden. Es zeigte sich jedoch, dass Patienten mit einer „weißen Katarakt“ oder hartem Kern ein signifikant erhöhtes Risiko für intraoperative Komplikationen hatten. Andere Risikofaktoren wie „kleine Pupille“, Pseudoexfoliationssyndrom und flache Vorderkammer zeigten zwar ebenfalls eine Tendenz zu höheren Komplikationsraten, jedoch konnte weder in der univariaten noch in der multivariaten Analyse eine statistische Signifikanz nachgewiesen werden.

Vielfach wurde über erschwerende Faktoren bei der Phakoemulsifikation in vitrektomierten Augen, wie eine tiefe Vorderkammer, Plaques an der Hinterkapsel, lockere Zonula, erhöhte Mobilität des Linsen-Iris-Diaphragmas, hintere Synechien und unzureichende Dilatation der Pupille [35-38] berichtet. In dieser Studie waren 23 vitrektomierte Augen (3,8%) eingeschlossen. 5/23 Augen hatten intraoperativ eine „kleine Pupille“, 3/23 Augen eine tiefe Vorderkammer und 2/23 eine Zonulainsuffizienz. Dennoch wurden bei diesen Fällen keine intraoperative Komplikationen gefunden. Auch andere Studien berichteten über ähnliche Komplikationsraten bei vitrektomierten und nichtvitrektomierten Augen [38].

Vielfach konnte auch eine Abnahme der intraoperativen Komplikationen, insbesondere von Hinterkapselrupturen und Glaskörperverlusten, mit zunehmendem Erfahrungsgrad des

Operateurs [18, 19, 24, 39] festgestellt werden. Ebenfalls konnte auch in dieser Untersuchung eine Abnahme der Komplikationen zwischen den ersten 50 Fällen und den Fällen 51-100 gefunden werden, jedoch war der Unterschied ohne statistische Signifikanz ( $p = 0,524$ ).

Bei den von uns ausgewerteten Eingriffen wurden als Anästhesieform ITN und Lokalanästhesie verwendet und es zeigte sich, dass bei Patienten die in ITN operiert wurden, signifikant häufiger intraoperative Komplikationen auftraten, als bei Patienten die in Lokalanästhesie operiert wurden ( $p = 0,008$ ). Dies könnte damit zusammenhängen, dass die meisten Operationen in ITN, 179/300 (59,7%), von den Operateuren während den ersten 50 Operationen durchgeführt wurden und nur 103/300 (34,3%) bei den Fällen 51-100. Es wurden auch die meisten Fälle mit Risikofaktoren in ITN durchgeführt 135/224 (60,3%) und seltener in Lokalanästhesie 89/224 (39,7%). All diese Faktoren könnten eine Erklärung dafür geben, warum bei den Operationen in ITN häufiger Komplikationen aufgetreten sind.

Zusammenfassend konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass Ärzte am Anfang ihrer operativen Ausbildung in der Lage sind an einem tertiären Lehrkrankenhaus unter der Aufsicht eines erfahrenen Operateurs die Phakoemulsifikation, selbst beim Vorliegen unterschiedlicher Risikofaktoren, mit einer akzeptablen Rate an Komplikationen zu erlernen und durchzuführen.

## 2.6 Literaturverzeichnis

1. Grehn F (2002) Augenheilkunde. 28. Auflage, Springer, 162-181
2. Resnikoff S, Pascolini D, Etya`ale D, Kocur I, Pararajasegaram R, Pokharel GP, Mariotti SP (2004) Global data on visual impairment in the year 2002. Bull World Health Organ 82:844-851
3. Tabin G, Chen M, Espandar L (2008) Cataract surgery for the developing world. Curr Opin Ophthalmol 19: 55-59
4. François J, Hollwich F (1981) Augenheilkunde in Klinik und Praxis. Band 2: Hornhaut – Altershornhaut – Linse – Uvea – Orbita - Epibulbäre Tumoren - Haut und Auge - Auge und Straßenverkehr. Thieme, 3.6 – 3.20
5. Augustin AJ (2001) Augenheilkunde. 2. Auflage, Springer, 687-706, 1127-1130
6. Lohmann von W, Schmehl W, Strobel J (1987) Grauer Star und oxidativer Streß. Neues Diagnoseverfahren beim Grauen Star. Spiegel der Forschung 2-3: 5-7
7. Kottler UB, Dick HB, Augustin AJ (2003) Ist die Katarakt vermeidbar? Ophthalmologe 100: 190-196
8. Lang GK (2004) Augenheilkunde. 3. Auflage, Georg Thieme Verlag, 184-209
9. Zuberbühler B, Haeffliger E, Menapace R, Neuhaus Th (2008) Kataraktchirurgie. Springer, 1-137
10. Hansen L (1997) Augenheilkunde systematisch. UNI-MED, 179-186
11. Kanski JJ (2008,) Klinische Ophthalmologie. Lehrbuch und Atlas. 6. Auflage, Urban & Fischer, 344-368
12. Minassian DC, Rosen P, Dart JKG, Reidy A, Desai P, Sidhu M (2001) Extracapsular cataract extraction compared with small incision surgery by phacoemulsification: a randomised trial. Br J Ophthalmol 85:822-829
13. Rutar T, Porco TC, Naseri A (2009) Risk Factors for Intraoperative Complications in Resident-Performed Phacoemulsification Surgery. Ophthalmology 116(3): 431-436
14. Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, Leske MC, Bullimore MA, Bailey IL, Friend J, McCarthy D, Wu SY (1993) The lens opacities classification system III. For the longitudinal study of cataract study group. Arch Ophthalmol 111(6):831-836
15. Johnston RL, Taylor H, Smith R, Sparrow JM (2009) The Cataract National Dataset Electronic Multicentre Audit of 55567 Operations: variation in posterior capsule rupture rates between surgeons. Eye 24: 888-893
16. Ang GS, Whyte IF (2006) Effect and outcomes of posterior capsule rupture in a district general hospital setting. J Cataract Refract Surg 32: 623-627

17. Bhagat N, Nissirios N, Potdevin L, Chung J, Lama P, Zarbin MA, Fechtner R, Guo S, Chu D, Langer P (2007) Complications in resident-performed phacoemulsification cataract surgery at New Jersey Medical School. *Br J Ophthalmol* 91(10):1315–1317
18. Corey RP, Olson RJ (1998) Surgical outcomes of cataract extractions performed by residents using phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 24(1):66–72
19. Tarbet KJ, Mamalis N, Theurer J, Jones BD, Olson RJ (1995) Complications and results of phacoemulsification performed by residents. *J Cataract Refract Surg* 21(6):661–665
20. Prasad S (1998) Phacoemulsification learning curve: experience of two junior trainee ophthalmologists. *J Cataract Refract Surg* 24 (1):73–77
21. Ionides A, Minassian D, Tuft S (2001) Visual outcome following posterior capsule rupture during cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 85(2):222–224
22. Narendran N, Jaycock P, Johnston RL, Taylor H, Adams M, Tole DM, Asaria RH, Galloway P, Sparrow JM (2009) The Cataract National Dataset electronic multicentre audit of 55,567 operations: risk stratification for posterior capsule rupture and vitreous loss. *Eye* 23(1):31–37
23. Claoué C, Steele A (1993) Visual prognosis following accidental vitreous loss during cataract surgery. *Eye* 7(6):735–739
24. Randleman JB, Wolfe JD, Woodward M, Lynn MJ, Cherwek DH, Srivastava SK (2007) The resident surgeon phacoemulsification learning curve. *Arch Ophthalmol* 125(9):1215–1219
25. Albanis CV, Dwyer MA, Ernest JT (1998) Outcomes of extracapsular cataract extraction and phacoemulsification performed in a University Training Program. *Ophthalmic Surg Lasers* 29(8):643– 648
26. Dooley IJ, O'Brien PD (2006) Subjective difficulty of each stage of phacoemulsification cataract surgery performed by basic surgical trainees. *J Cataract Refract Surg* 32(4):604–608
27. Pedersen OØ (1990) Phacoemulsification and intraocular lens implantation in patients with cataract. Experiences of a beginning 'phacoemulsification surgeon'. *Acta Ophthalmol* 68(1):59–64
28. Badoza DA, Jure T, Zunino LA, Argento CJ (1999) State-of-the-art phacoemulsification performed by residents in Buenos Aires, Argentina. *J Cataract Refract Surg* 25(12):1651–1655
29. Allinson RW, Metrikin DC, Fante RG (1992) Incidence of vitreous loss among third-year residents performing phacoemulsification. *Ophthalmology* 99(5):726–730
30. Quillen DA, Phipps SJ (2003) Visual outcomes and incidence of vitreous loss for residents performing phacoemulsification without prior planned extracapsular cataract extraction experience. *Am J Ophthalmol* 135(5):732–733

31. Thomas R, Naveen S, Jacob A, Braganza A (1997) Visual outcome and complications of residents learning phacoemulsification. *Indian J Ophthalmol* 45(4):215–219
32. Tayanithi P, Pungpapong K, Siramput P (2005) Vitreous loss during phacoemulsification learning curve performed by third year residents. *J Med Assoc Thai* 88(9):89–93
33. Noecker RJ, Allinson RW, Snyder RW (1994) Resident phacoemulsification experience using the in situ nuclear fracture technique. *Ophthalmic Surg* 25(4):216–221
34. Lee J-S, Hou C-H, Yang M-L, Kuo JZ-C, Lin K-K (2009) A different approach to assess resident phacoemulsification learning curve: analysis of both completion and complication rates. *Eye* 23(3):683–687
35. Biró Z, Kovacs B (2002) Results of cataract surgery in previously vitrectomized eyes. *J Cataract Refract Surg* 28(6):1003–1006
36. Pinter SM, Sugar A (1999) Phacoemulsification in eyes with past pars plana vitrectomy: case-control study. *J Cataract Refract Surg* 25(4):556–561
37. Zaheer I, Taylor SRJ, Pearson RV (2007) Phacoemulsification in vitrectomized eyes under topical anesthesia. *Eur J Ophthalmol* 17 (3):336–340
38. Misra A, Burton RL (2005) Incidence of intraoperative complications during phacoemulsification in vitrectomized and nonvitrectomized eyes: prospective study. *J Cataract Refract Surg* 31 (5):1011–1014
39. Martin KRG, Burton RL (2000) The phacoemulsification learning curve: per-operative complications in the first 3000 cases of an experienced surgeon. *Eye* 14(2):190–195



## **2.7 Abkürzungsverzeichnis**

|       |                                   |
|-------|-----------------------------------|
| ECCE: | Extrakapsuläre Kataraktextraktion |
| ICCE: | Intrakapsuläre Kataraktextraktion |
| IOL:  | Intraokularlinse                  |
| ITN:  | Intubationsnarkose                |
| OR:   | Odds Ratio                        |
| CI:   | Konfidenzintervall                |

### **3. Publikation**

Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology, 2012

DOI 10.1007/s00417-012-2003-y

Online publiziert: 11. April 2012

© Springer-Verlag 2012

#### **Complication rate and risk factors for intraoperative complications in resident-performed phacoemulsification surgery**

Andrea Briszi <sup>1</sup>, Philipp Prahs <sup>1</sup>, Jost Hillenkamp <sup>2</sup>, Horst Helbig <sup>1</sup>, Wolfgang Herrmann <sup>1</sup>

Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde der Universität Regensburg<sup>1</sup>

Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum Schleswig Holstein, Campus Kiel<sup>2</sup>

# Complication rate and risk factors for intraoperative complications in resident-performed phacoemulsification surgery

Andrea Briszi · Philipp Prahns · Jost Hillenkamp ·  
Horst Helbig · Wolfgang Herrmann

Received: 25 August 2011 / Revised: 27 February 2012 / Accepted: 14 March 2012  
© Springer-Verlag 2012

## Abstract

**Background/Aim** To determine the complication rate and risk factors for intraoperative complications in resident-performed phacoemulsification surgery at a tertiary care center during the first 100 surgeries.

**Methods** Retrospective chart review of the first 100 performed phacoemulsification cases of six consecutive residents. Posterior capsule tear, vitreous loss, and dislocation of lenticular fragments into the vitreous were defined as intraoperative complications. Patient characteristics considered risk factors for surgery were identified and correlated with the occurrence of intraoperative complications.

**Results** Complications occurred in 23 of 600 operations (3.8 %). Surgery was complicated by posterior capsular tear in 23 eyes (3.8 %) with vitreous loss in 17 eyes (2.8 %) and loss of lenticular fragments into the vitreous in seven eyes (1.2 %). Eyes with dense nuclear sclerosis ( $p=0.002$ ) and white cataracts ( $p=0.019$ ) were associated with a statistically significantly greater incidence of posterior capsular tears and vitreous loss ( $p=0.007$  and  $p=0.027$  respectively). An intraocular lens was implanted in 591 eyes as intended.

**Conclusions** Residents achieve an acceptable complication rate during their initial 100 phacoemulsification cases.

**Keywords** Cataract surgery · Phacoemulsification · Vitreous loss · Posterior capsule tear · Learning curve

## Introduction

Cataract is the leading cause of blindness worldwide [1]. Today phacoemulsification is the leading cataract surgery technique in developed countries. It is one of the most often performed procedures both in Europe and the United States. As compared to extracapsular cataract extraction (ECCE), phacoemulsification has been reported as superior with regards to postoperative visual acuity, induced astigmatism, and posterior capsule opacification [2–4]. Refinement of surgical technique and surgical equipment has led to a high surgical standard and a low overall complication rate [5, 6]. However, surgical success depends on microsurgical skills such as spatial coordination and precision of movement, which depend largely on the experience of the surgeon. Today, residents at many centers have no prior experience in lens surgery when starting phacoemulsification since less challenging techniques such as ECCE or intracapsular cataract extraction are no longer routinely performed. Posterior capsule tears are often regarded as a benchmark complication to judge the skills of surgeons and the quality of cataract surgery [5, 7]. For the patient, posterior capsule tears may adversely affect final visual outcome and may imply an increased risk for sight-threatening postoperative complications such as retinal detachment [6–8]. Residents trained at tertiary care academic centers are often confronted with more complicated cases early in their surgical training. The aim of this study was to determine the incidence of posterior capsule tears and to identify risk factors associated with intraoperative complications in resident-performed phacoemulsification surgery at a tertiary care academic center during the first 100 cases.

A. Briszi · P. Prahns · H. Helbig · W. Herrmann  
Department of Ophthalmology, University Medical Centre,  
Regensburg, Germany

J. Hillenkamp  
Department of Ophthalmology, University Medical Centre  
Schleswig-Holstein, Campus Kiel,  
Kiel, Germany

A. Briszi (✉)  
Medizinisches Versorgungszentrum für Augenheilkunde,  
Moststraße 12,  
90762 Fürth, Germany  
e-mail: andrea\_briszi@yahoo.de

## Methods

This study was designed as a retrospective chart review of the first 100 phacoemulsification surgeries performed by six consecutive residents at the University Regensburg Medical Centre between August 2002 and September 2009. The study was approved by the institutional review board. The patient charts and surgery reports were reviewed in detail in order to identify intraoperative complications and risk factors for intraoperative complications. All analyzed surgery reports included patient age, gender, name of surgeon, type of anesthesia, right or left eye, type of surgical method, ocular co-morbidities, intraoperative complications and type of lens implantation. Inclusion criteria were any type of phacoemulsification surgery including combined procedures of cataract surgery with intravitreal injection of bevacizumab or triamcinolone or surgical iridectomy. All types of cataract were included.

The mean age of the patients was 71.4 ( $\pm$  10.9) years, and 224 male and 376 female patients were included in this study. A total of 315 surgeries (52.5 %) were performed under retrobulbar anesthesia, 282 (47.0 %) surgeries were performed under general anesthesia, and three surgeries (0.5 %) under topical anesthesia. There were 319 right eyes and 281 left eyes included in this study. None of the residents had prior experience in lens surgery (extracapsular or intracapsular cataract extraction). The residents were in their fourth or fifth academic year when starting cataract surgery. Prior to their first surgery, all the residents had completed at least one (residents 1, 3, 5, 6) or two (residents 2 and 4) 1-day phacoemulsification wet labs. Moreover, all residents had taken all individual steps of the surgery under the supervision of a senior surgeon as a training for their first own cases. The senior cataract surgeon was present during the first 12 to 18 cases of all residents in training and afterwards in selected cases with risk factors (total of 157

cases). In all other cases, an experienced cataract surgeon was nearby to help whenever difficulties occurred. All residents used a standardized technique. After posterior limbal incisions, a continuous curvilinear capsulorhexis was done. The nucleus was sculpted with a “divide and conquer” technique. Residents 1 to 4 used a Storz Premiere unit (Bausch & Lomb, Feldkirchen, Germany), residents 5 and 6 were trained on an Alcon Accurus unit (Alcon, Freiburg, Germany). Cortex removal was done by coaxial irrigation and aspiration (residents 1 to 4) or biaxial irrigation and aspiration (residents 5 and 6). When possible, a foldable acrylic intraocular lens (IOL) was implanted in the capsular bag. If insertion in the capsular bag was not possible, a foldable acrylic IOL was inserted in the ciliary sulcus. Eyes were left aphakic in high myopia when target refraction was achieved without insertion of an IOL.

Case selection for the residents was made by the consultant in charge planning the procedures for the next day after either seeing the patients or reviewing the patient charts. No cases with risk factors were selected for the first 12 to 16 cases. Residents in training were preferentially assigned to cataract surgeries in general anesthesia since beginners need more time for each surgical step. Moreover, unrestricted communication is possible between the consultant and the resident when the surgery is done in general anesthesia and therefore dangerous situations can be avoided. The decision if the surgery was performed in general anesthesia or local anesthesia was made by an experienced consultant based on the health status of the patient. Several patient characteristics considered risk factors for surgery were identified (Table 1) and correlated with the incidence of intraoperative complications (Tables 1 and 2). “Small pupil” was defined as less than 6.0 mm of maximum dilation after instillation of phenylephrine 2.5 % according to the definition by Rutar et al. (2009) [3]. White cataract was defined as a completely opacified lens obscuring fundus

**Table 1** Challenging factors for surgery and correlated incidence of intraoperative complications based on univariate analysis

| Challenging factors for surgery      | Number of cases | Number of cases with complications | <i>p</i> value | OR  | 95 % CI  |
|--------------------------------------|-----------------|------------------------------------|----------------|-----|----------|
| White cataract                       | 43              | 5                                  | 0.019          | 3.9 | 1.4–11.2 |
| Dense nuclear sclerosis              | 67              | 8                                  | 0.002          | 4.7 | 1.9–11.5 |
| Small pupil (< 6.0 mm)               | 73              | 4                                  | 0.509          | 1.6 | 0.5–4.7  |
| Anterior chamber depth < 2.5 mm      | 23              | 1                                  | 0.600          | 1.1 | 0.1–8.9  |
| High myopia (axial length > 26.0 mm) | 26              | 1                                  | 1.000          | 1.0 | 0.1–7.7  |
| Pseudoexfoliation syndrome           | 30              | 2                                  | 0.321          | 1.9 | 0.4–8.4  |
| Posterior synechia                   | 18              | 1                                  | 0.510          | 1.5 | 0.2–11.8 |
| Restless patient                     | 17              | 2                                  | 0.135          | 3.6 | 0.8–16.6 |
| Floppy iris syndrome                 | 1               | 0                                  | 1.000          | –   | –        |
| Zonular pathology                    | 15              | 0                                  | 1.000          | –   | –        |
| Corneal pathology                    | 5               | 0                                  | 1.000          | –   | –        |
| History of prior ocular trauma       | 7               | 0                                  | 1.000          | –   | –        |
| History of prior ocular surgery      | 35              | 0                                  | 0.389          | –   | –        |
| Traumatic cataract                   | 6               | 0                                  | 1.000          | –   | –        |

**Table 2** Challenging factors for surgery and selected intraoperative complications based on univariate analysis

| Complications                        | Posterior capsule tears |                | Vitreous loss |                | Dislocation of lenticular fragments in the vitreous |                |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------|---------------|----------------|-----------------------------------------------------|----------------|
|                                      | <i>n</i>                | <i>p</i> value | <i>n</i>      | <i>p</i> value | <i>n</i>                                            | <i>p</i> value |
| Challenging factors for surgery      |                         |                |               |                |                                                     |                |
| White cataract                       | 5                       | 0.019          | 4             | 0.027          | 2                                                   | 0.084          |
| Dense nuclear sclerosis              | 8                       | 0.002          | 6             | 0.007          | 2                                                   | 0.179          |
| Small pupil (< 6.0 mm)               | 4                       | 0.509          | 2             | 1.000          | 1                                                   | 0.599          |
| Anterior chamber depth < 2.5 mm      | 1                       | 0.600          | 1             | 0.490          | 0                                                   | 1.000          |
| High myopia (axial length > 26.0 mm) | 1                       | 1.000          | 1             | 0.534          | 0                                                   | 1.000          |
| Pseudoexfoliation syndrome           | 2                       | 0.321          | 1             | 0.587          | 1                                                   | 0.303          |
| Posterior synechia                   | 1                       | 0.510          | 1             | 0.408          | 1                                                   | 0.193          |
| Restless patient                     | 2                       | 0.135          | 1             | 0.391          | 1                                                   | 0.183          |

examination and retroillumination. 4+ sclerotic nucleus evaluated using the LOCS III grading system [9] and cataracts defined as “dense nuclear sclerosis” according to the patient charts were described as “dense nuclear sclerosis”. Shallow anterior chamber was defined as anterior chamber depth < 2.5 mm measured in biometry according to the definition by Rutar et al. (2009) [3]. Patients were evaluated as “restless” when the patients were described as “restless” in the operation report without further classification. High myopia was defined by an axial length of > 26.0 mm measured in biometry. In 224/600 eyes (37.3 %) one or more risk factors were identified (Table 1). The following intraoperative complications related to cataract surgery were assessed: posterior capsular tears, vitreous loss, dropped nucleus or lens fragments.

### Statistical analysis

Data were collected in an SPSS spreadsheet and analyzed with SPSS 14.0 software. The associations among various potential risk factors and intraoperative complications were determined by univariate and multivariate analysis. In univariate analysis, we applied a 2×2 contingency table. In cases where the expected frequencies were smaller than 5, Fisher’s exact test was performed. In all other cases, Pearson’s Chi-square test was applied. The level of significance was set at 0.05. For multivariate analysis, a binary logistic regression model with the “enter” method was used to determine risk factors and their odds ratios for the different complications. The potential risk factors included in the multivariate model were white cataract, dense nuclear sclerosis, pseudoexfoliation syndrome, small pupils, high myopia, shallow anterior chamber, posterior synechia, and restless patient.

### Results

Of the 600 surgeries included in this study, 577 cases (96.2 %) were uneventful without intraoperative complications. In 23

eyes (3.8 %), one or more of the assessed complications occurred. Posterior capsular tears were found in 23 eyes (3.8 %). In 6/23 eyes with posterior capsular tears, no vitreous loss was observed. In 10/23 cases, the posterior capsular tear led to vitreous loss requiring anterior vitrectomy. In 7/23 cases with posterior capsule tears, a dropped nucleus or dropped lens fragments had to be removed by pars plana vitrectomy.

In 591 eyes, an IOL was implanted during surgery as intended. Nine eyes were left aphakic in high myopia when target refraction was achieved without insertion of an IOL. In 558/591 eyes (94.4 %), the IOL was implanted into the capsular bag. In 33/591 eyes (5.6 %), the IOL was inserted into the ciliary sulcus. Reasons for sulcus implantation were tears of the posterior capsule (21 eyes), tears of the anterior capsule (nine eyes), zonular pathology in pseudoexfoliation syndrome (two eyes), and subluxation of the IOL after implantation in the capsular bag (one eye).

In 69 surgeries (11.5 %), one or more surgical steps were taken over by a senior surgeon. Reasons were difficulties during capsulorhexis (19 eyes), nucleus sculpting (22 eyes), cortical removal (three eyes), and IOL implantation (two eyes). Most cases with posterior capsule tears (19 of 23 eyes) were taken over. In two cases, the operation was taken over because the patients were restless under retrobulbar anesthesia. In two eyes, iris retractors were inserted by a senior surgeon but the operation was otherwise completed by the resident. A total of 42 (60.9 %) surgeries taken over had one or more risk factors. Of the 69 surgeries taken over, 51.0 % were taken over during the first 15 surgeries and only four surgeries were taken over between case 71 and 100.

Significant risk factors associated with intraoperative complications identified by univariate analyses were white cataracts and dense nuclear sclerosis (Table 1). Both risk factors indicated a higher rate of posterior capsular rupture and vitreous loss (Table 2). The odds ratio for posterior capsular tears in cases with white cataract was 3.9 (95 % CI, 1.4–11.2,  $p=0.019$ ) and in cases with dense nuclear sclerosis 4.7 (95 % CI, 1.9–11.5,  $p=0.002$ ). The odds ratio

for vitreous loss in eyes with white cataract was 4.3 (95 % CI, 1.3–13.8,  $p=0.027$ ) and for eyes with dense nuclear sclerosis 4.7 (95 % CI, 1.7–13.1,  $p=0.007$ ). The complication rate in cataracts considered “uncomplicated” was 2.7 %. In multivariate analyses, only dense nuclear sclerosis remained predictive for intraoperative complications, especially for posterior capsular tears. In eyes with dense nuclear sclerosis, the OR was 3.2 (95 % CI, 1.1–9.4,  $p=0.031$ ) for intraoperative complications in general and 3.2 (95 % CI, 1.1–9.4,  $p=0.031$ ) for posterior capsular rupture.

The first surgery that was completely done by the residents without complications ranged from case 1 (resident 5) to case 8 (resident 4). The first series of five cases without complications or interventions started with case numbers 6, 17, 10, 15, 16, and 2, respectively. The learning curve differed between the residents. The complication rate ranged from 1.0 % and five surgeries taken over (resident number 6) to 7.0 % (residents 1 and 5), and 10 and 15 surgeries respectively taken over.

As additional analysis, we compared the first 50 surgeries of each resident with the second-half cases to determine whether the complication rate decreased with increasing experience of the surgeons. In the first 300 surgeries we found intraoperative complications in 13 cases (4.3 %) while in the second-half cases, complications appeared in ten eyes (3.3 %). There was a trend of reduced complication rates due to growing experience of the surgeons, but this trend was without statistical significance ( $p=0.524$ ). However, 53/69 surgeries taken over were taken over during the first 50 cases probably preventing further complications. Comparing the first 50 with the second 50 cases of all residents, our analysis showed that two risk factors caused less complications during the second-half cases. The complication rate for cases with dense nuclear sclerosis and small pupils dropped from 16.3 % and 8.8 % to 4.2 % and 2.6 %, respectively. A marked decrease in intraoperative complications was observed when the residents had completed their first 70 surgeries. Only two complications occurred between surgery 71 and 100 of all residents and only four surgeries were taken over.

In our study, two different types of phacoemulsification machines were used. Residents 1–4 used a model year 1994 Storz Premiere while residents 5 and 6 applied a model year 2008 Alcon Accurus unit. Residents 1 to 4 used a coaxial irrigation and aspiration while residents 5 and 6 applied biaxial aspiration and irrigation. Complications during irrigation and aspiration occurred in 4/400 cases when coaxial irrigation and aspiration was applied and in 0/200 when the residents applied biaxial irrigation and aspiration. In total, intraoperative complications occurred in 16 eyes (4.0 %) when the Storz Premiere was used and in seven eyes (3.5 %) when the Alcon Accurus unit was applied. However, this difference was not statistically significant ( $p=0.764$ ).

Two different types of anesthesia were applied in this study. Local anesthesia in 318 cases (53.0 %) with retrobulbar anesthesia in 315 eyes (52.5 %) or topical anesthesia in three cases (0.5 %) and general anesthesia in 282 cases (47.0 %).

Of the 282 eyes undergoing surgery in general anesthesia, 135 eyes had one or more risk factors (47.9 %); 89/318 cases (28.0 %) undergoing surgery in local anesthesia showed one or more risk factors. The three eyes that were operated under topical anesthesia were all classified as unchallenging. The intraoperative complication rate differed in cases with local anesthesia from those in general anesthesia. In local anesthesia, complications occurred in 6/318 cases (1.9 %) including posterior capsular tears with vitreous loss in six cases and lenticular fragment loss in two cases (0.6 %). In eyes operated in general anesthesia, posterior capsular rupture occurred in 17 eyes (6.0 %), with vitreous loss in 11 cases (3.9 %) and dislocation of lenticular fragments in the vitreous in five eyes (1.8 %). The difference in complication rates between surgeries in general anesthesia and surgeries in local anesthesia was significant ( $p=0.008$ ).

## Discussion

Phacoemulsification is the most frequently performed surgery in the United States and in Europe. Refinement of surgical technique and surgical equipment has led to a high surgical standard and a low overall complication rate [2, 3, 5, 6]. This study evaluated the intraoperative complication rate of resident-performed phacoemulsification and multiple risk factors for surgical complications considering the first 100 surgeries of six consecutive residents at a tertiary care academic center. Surgical training at a tertiary care center is a challenge for the institution and for the residents. In the German medical system, straightforward cataract surgery cases are often operated in private practice while complicated cases are often referred to tertiary care centers. Major complications such as posterior capsule tears or vitreous loss are strongly associated with risk features [3, 7]. On the other hand, improvement of surgical skills depends largely on a continuous training and a too careful case selection interferes with progress of surgical skills.

The participating residents in our study had no prior experience with ECCE. Most reports of resident-performed cataract surgery are characterized by the exclusion of difficult cases with potential risk factors such as zonular pathologies, advanced nuclear sclerosis, corneal opacities, poorly dilating pupils, or traumatic cataract [10–13]. By contrast, those cases were not excluded in our study. Different kinds of cataract and potential risk factors (Table 1) were included. Posterior capsule tears are considered as a benchmark complication since posterior capsule tears are associated with poor postoperative visual outcome and a higher incidence of cystoid macular



edema and retinal detachment, especially in cases when posterior capsule tear leads to vitreous loss [6–8, 14]. In this study, posterior capsule tears occurred in 3.8 % of all cases. This rate was comparable or lower to the rate of posterior capsule tears in other series of resident-performed phacoemulsification surgery [10, 13, 15–19] with reported rates of posterior capsule tears of 4.9 to 10.0 %. The 2.8 % rate of vitreous loss was also comparable or lower to that reported in other series of resident-performed phacoemulsification surgery [10–13, 15–25]. However, in contrast to other studies [11–13, 15, 21] where most to all surgeries were done under local anesthesia, there was a high proportion (47.0 %) of surgeries done in general anesthesia in this study. Since general anesthesia provides optimum conditions for the surgeon, the relatively low complication rate may have been influenced by this factor. In a study evaluating the national standard in phacoemulsification surgery in Britain, Johnston et al. found a 5.1 % rate of posterior capsule tears for “junior trainees” and a 1.41 % rate for “independent surgeons” in a series of 55,567 cataract surgeries [5]. Compared to these results, the rate of posterior capsule tears in our study is acceptable. The lower number of intraoperative complications as compared to the older studies may be explained by the evolution of phacoemulsification machines and microscopes allowing more controlled and more effective phacoemulsification and irrigation and aspiration as well as superior visualization. In 69 surgeries (11.5 %), one or more surgical steps were taken over, possibly preventing further complications. The individual rate of intraoperative complications ranged from 1.0 to 7.0 %. However, in contrast to the other residents, the resident with the lowest rate of intraoperative complications had an experience of more than 100 trabeculectomies prior to starting cataract surgery.

In this study, eyes with white cataract and with dense nuclear sclerosis had a high risk for intraoperative complications. Other reported risk factors associated with a higher complication rate including increasing age, male gender, high myopia, floppy iris syndrome, traumatic cataract, and zonular insufficiency did not lead to a significant increase in intraoperative complications in this study [3, 6, 7]. Small pupils, pseudoexfoliation syndrome, and shallow anterior chamber were associated with a higher complication rate. However, none of these factors reached statistical significance in uni- and multivariate analysis.

In our study, 23/600 eyes (3.8 %) had undergone pars plana vitrectomy prior to cataract surgery. The main problems described during phacoemulsification in vitrectomized eyes are a deep anterior chamber, posterior capsular plaques, loose zonula, increased mobility of the lens-iris diaphragm, posterior synechia, and an insufficient dilatation of the pupil [26–29]. No intraoperative complications occurred in vitrectomized eyes in this study although 5/23 eyes had an insufficient pupil dilatation during surgery, 3/23 eyes had a deep anterior chamber and in 2/23 eyes zonular insufficiency was

observed. Other studies have also shown that intraoperative complication rates in vitrectomized eyes can be similar to nonvitrectomized eyes [29].

Several reports described a decrease of intraoperative complications, especially of posterior capsule tears and vitreous loss, with growing experience of the surgeons [11, 12, 15, 30]. In our study we also noticed a decrease of intraoperative complications between the first-half cases and the second-half cases, but this difference was not statistically significant ( $p=0.524$ ).

In this study, two types of anesthesia were applied: general anesthesia and local anesthesia. In cases with general anesthesia, there were significantly more intraoperative complications than in those with local anesthesia ( $p=0.008$ ). One reason could be that during the first 50 eyes 179/300 (59.7 %) surgeries were done in general anesthesia, while during the second 50 surgeries, 103/300 (34.3 %) were done in general anesthesia. Therefore, most of the operations under general anesthesia were performed by residents at the beginning of their learning curve. Furthermore, most of the cases with risk factors were done in general anesthesia 135/224 (60.3 %) and only 89/224 (39.7 %) of the eyes with risk factors were done in local anesthesia.

In summary, residents at a tertiary care academic center without prior experience in intraocular surgery can learn phacoemulsification under the supervision of an experienced surgeon with an acceptable low complication rate. White cataracts and dense nuclear sclerosis were associated with a higher rate of posterior capsule tears and vitreous loss. Other reported risk factors for intraoperative complications such as prior pars plana vitrectomy, high myopia, or pseudoexfoliation syndrome did not reach statistical significance in this study. Considering the results of this study, an acceptable complication rate can be achieved by residents in training even in eyes with risk factors.

## References

1. Resnikoff S, Pascolini D, Etya'ale D, Kocur I, Pararajasegaram R, Pokharel GP, Mariotti SP (2004) Global data on visual impairment in the year 2002. *Bull World Health Organ* 82:844–851
2. Tabin G, Chen M, Espandar L (2008) Cataract surgery for the developing world. *Curr Opin Ophthalmol* 19:55–59
3. Rutar T, Porco TC, Naseri A (2009) Risk factors for intraoperative complications in resident-performed phacoemulsification surgery. *Ophthalmology* 116(3):431–436
4. Minassian DC, Rosen P, Dart JKG, Reidy A, Desai P, Sidhu M (2001) Extracapsular cataract extraction compared with small incision surgery by phacoemulsification: a randomised trial. *Br J Ophthalmol* 85:822–829
5. Johnston RL, Taylor H, Smith R, Sparrow JM (2009) The Cataract National Dataset Electronic Multicentre Audit of 55,567 Operations: variation in posterior capsule rupture rates between surgeons. *Eye* 24:888–893

6. Ang GS, Whyte IF (2006) Effect and outcomes of posterior capsule rupture in a district general hospital setting. *J Cataract Refract Surg* 32:623–627
7. Narendran N, Jaycock P, Johnston RL, Taylor H, Adams M, Tole DM, Asaria RH, Galloway P, Sparrow JM (2009) The Cataract National Dataset electronic multicentre audit of 55,567 operations: risk stratification for posterior capsule rupture and vitreous loss. *Eye* 23(1):31–37
8. Ionides A, Minassian D, Tuft S (2001) Visual outcome following posterior capsule rupture during cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 85(2):222–224
9. Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, Leske MC, Bullimore MA, Bailey IL, Friend J, McCarthy D, Wu SY (1993) The lens opacities classification system III. For the longitudinal study of cataract study group. *Arch Ophthalmol* 111(6):831–836
10. Bhagat N, Nissirios N, Potdevin L, Chung J, Lama P, Zarbin MA, Fechtner R, Guo S, Chu D, Langer P (2007) Complications in resident-performed phacoemulsification cataract surgery at New Jersey Medical School. *Br J Ophthalmol* 91(10):1315–1317
11. Corey RP, Olson RJ (1998) Surgical outcomes of cataract extractions performed by residents using phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 24(1):66–72
12. Tarbet KJ, Mamalis N, Theurer J, Jones BD, Olson RJ (1995) Complications and results of phacoemulsification performed by residents. *J Cataract Refract Surg* 21(6):661–665
13. Prasad S (1998) Phacoemulsification learning curve: experience of two junior trainee ophthalmologists. *J Cataract Refract Surg* 24(1):73–77
14. Claoué C, Steele A (1993) Visual prognosis following accidental vitreous loss during cataract surgery. *Eye* 7(6):735–739
15. Randleman JB, Wolfe JD, Woodward M, Lynn MJ, Cherwek DH, Srivastava SK (2007) The resident surgeon phacoemulsification learning curve. *Arch Ophthalmol* 125(9):1215–1219
16. Albanis CV, Dwyer MA, Ernest JT (1998) Outcomes of extracapsular cataract extraction and phacoemulsification performed in a University Training Program. *Ophthalmic Surg Lasers* 29(8):643–648
17. Dooley IJ, O'Brien PD (2006) Subjective difficulty of each stage of phacoemulsification cataract surgery performed by basic surgical trainees. *J Cataract Refract Surg* 32(4):604–608
18. Pedersen OØ (1990) Phacoemulsification and intraocular lens implantation in patients with cataract. Experiences of a beginning 'phacoemulsification surgeon'. *Acta Ophthalmol* 68(1):59–64
19. Badoza DA, Jure T, Zunino LA, Argento CJ (1999) State-of-the-art phacoemulsification performed by residents in Buenos Aires, Argentina. *J Cataract Refract Surg* 25(12):1651–1655
20. Allinson RW, Metrikin DC, Fante RG (1992) Incidence of vitreous loss among third-year residents performing phacoemulsification. *Ophthalmology* 99(5):726–730
21. Quillen DA, Phipps SJ (2003) Visual outcomes and incidence of vitreous loss for residents performing phacoemulsification without prior planned extracapsular cataract extraction experience. *Am J Ophthalmol* 135(5):732–733
22. Thomas R, Naveen S, Jacob A, Braganza A (1997) Visual outcome and complications of residents learning phacoemulsification. *Indian J Ophthalmol* 45(4):215–219
23. Tayanithi P, Pungpapong K, Siramput P (2005) Vitreous loss during phacoemulsification learning curve performed by third-year residents. *J Med Assoc Thai* 88(9):89–93
24. Noecker RJ, Allinson RW, Snyder RW (1994) Resident phacoemulsification experience using the in situ nuclear fracture technique. *Ophthalmic Surg* 25(4):216–221
25. Lee J-S, Hou C-H, Yang M-L, Kuo JZ-C, Lin K-K (2009) A different approach to assess resident phacoemulsification learning curve: analysis of both completion and complication rates. *Eye* 23(3):683–687
26. Bíró Z, Kovacs B (2002) Results of cataract surgery in previously vitrectomized eyes. *J Cataract Refract Surg* 28(6):1003–1006
27. Pinter SM, Sugar A (1999) Phacoemulsification in eyes with past pars plana vitrectomy: case-control study. *J Cataract Refract Surg* 25(4):556–561
28. Zaheer I, Taylor SRJ, Pearson RV (2007) Phacoemulsification in vitrectomized eyes under topical anesthesia. *Eur J Ophthalmol* 17(3):336–340
29. Misra A, Burton RL (2005) Incidence of intraoperative complications during phacoemulsification in vitrectomized and nonvitrectomized eyes: prospective study. *J Cataract Refract Surg* 31(5):1011–1014
30. Martin KRG, Burton RL (2000) The phacoemulsification learning curve: per-operative complications in the first 3,000 cases of an experienced surgeon. *Eye* 14(2):190–195



#### **4. Lebenslauf**

*Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.*

## **5. Danksagung**

Für die Möglichkeit der Anfertigung meiner Promotionsarbeit an der Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde des Klinikums der Universität Regensburg möchte ich mich beim Direktor der Klinik Herrn Prof. Dr. med. Horst Helbig sowie bei Herrn PD Dr. med. Wolfgang Herrmann ganz herzlich bedanken.

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn PD Dr. med. Wolfgang Herrmann für die Überlassung des Themas, die durchgehend hervorragende Betreuung der Arbeit und die ständige Erreichbarkeit für die Beantwortung von Fragen. Seine hilfreichen Ratschläge haben entscheidend zur Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen.